

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Machining by controlled high-pressure fluid jet

Patent Number: FR2699852
Publication date: 1994-07-01
Inventor(s): PATRICK LE TESTU;; DIDIER LECONTE;; PATRICK LE
Applicant(s): GAZ DE FRANCE (FR)
Requested Patent: ☐ FR2699852
Application: FR19920015861 19921229
Priority Number(s): FR19920015861 19921229
IPC Classification: B26F1/26; B24C1/00
EC Classification: B24C7/00, B26F3/00C, C03B33/04, C03B33/10, B26D5/00
Equivalents:

Abstract

A head chamber (3) is supplied (2) with fluid, e.g. water, under high pressure, and, optionally abrasives. The cutting jet (6), expelled through a calibrated nozzle (4,5), impinges on the work (9). Sensors on the machine body (10), preceding (101) and trailing (102) the traversing jet, continuously monitor the work thickness and a head sensor (103) detects jet behaviour and reaction. In the processor (100), this information and that input to a memory (110) during calibration produce an output signal (108). The controller (104) responds, if necessary, by modifying the jet parameters e.g. speed is reduced over thicker sections. The head sensor (103), in soil excavation, allows buried services to be detected and avoided. Actuators are provided for varying the inclination of the jet to the vertical.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publi cati n :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 699 852

②1 N° d'enr gistrement nati nal : 92 15861

⑤1 Int Cl⁵ : B 26 F 1/26, B 24 C 1/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 29.12.92.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 01.07.94 Bulletin 94/26.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *Service National dit: GAZ DE FRANCE — FR.*

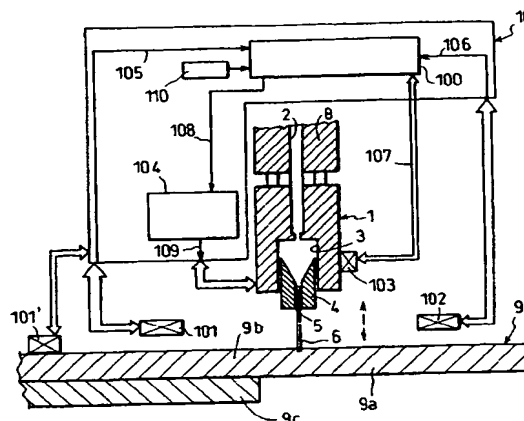
⑦2 Inventeur(s) : *Le Testu Patrick, Leconte Didier et L Cointe Patrick.*

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : *Cabinet Beau de Loménie.*

⑤4 Procédé et dispositif d'usinage à jet de fluide haute pression asservi.

⑤7 Avant l'opération d'usinage, des informations concernant le comportement du jet de fluide haute pression (6) en fonction de la nature et de l'épaisseur du matériau à usiner (9) sont enregistrées dans une mémoire (110). Pendant toute l'opération d'usinage on surveille en permanence, à l'aide d'un premier capteur (101) situé à proximité immédiate du matériau à usiner (9) en amont de la buse (1) et d'au moins un second capteur (103) situé sur la buse (1), les variations de comportement du jet de fluide (6) induites au cours de l'usinage. Grâce à une comparaison en temps réel entre les variations détectées du comportement du jet de fluide (6) et un comportement de référence défini en tenant compte des informations stockées en mémoire (110), on asservit en permanence au moins l'un des paramètres définissant la puissance du jet de fluide haute pression (6) sur le matériau à usiner (9).



FR 2 699 852 - A1



Procédé et dispositif d'usinage à jet de fluide haute pression asservi

La présente invention concerne les procédés et dispositifs d'usinage utilisant un jet de fluide haute pression ou très haute pression, afin de réaliser des opérations telles que le découpage, le forage, le perçage ou le décapage.

5 Dans les dispositifs de ce type, le jet de fluide haute pression appliqué par une buse est utilisé comme outil de découpage, de forage, de perçage, de polissage ou de décapage.

La pression de perçage en sortie de buse est fixée au départ en fonction du type de travail à réaliser.

10 Dans le cas par exemple de la découpe d'une paroi métallique comprenant des sur-épaisseurs, la pression ou la vitesse de découpe est déterminée par l'opérateur en fonction de la plus forte épaisseur à découper. Il y a donc sur-consommation d'énergie ce qui induit des coûts d'utilisation élevés.

De même, dans le cas de l'utilisation du jet de fluide comme outil de forage
15 dans le sol, la pression est en général déterminée à l'avance et la vitesse est réglée arbitrairement par un opérateur, ou le dispositif est muni d'une avance automatique préalablement définie. Il y a dans ce cas risque de dégradation d'ouvrages enterrés.

De plus, les risques liés à l'environnement proche des matériaux traités par le jet de fluide ne sont pas négligeables, ce qui implique la mise en oeuvre de
20 systèmes de sécurité passifs très importants.

L'invention vise à remédier aux inconvénients précités et à permettre de réaliser un usinage à jet de fluide haute pression à la fois en évitant tout gaspillage de puissance et en assurant une sécurité renforcée pour l'environnement proche du matériau usiné.

25 Ces buts sont atteints grâce à un procédé d'usinage à jet de fluide haute pression selon lequel on effectue l'usinage d'un matériau donné à l'aide d'un jet de fluide haute pression délivré par une buse montée sur un support disposé au voisinage du matériau à usiner et pouvant présenter un mouvement relatif commandé par rapport à ce matériau à usiner, caractérisé en ce que l'on enregistre
30 au préalable dans une mémoire des informations concernant le comportement du jet de fluide haute pression en fonction de la nature et de l'épaisseur du matériau à usiner ; on surveille en permanence pendant toute l'opération d'usinage, à l'aide d'au moins un premier capteur situé à proximité immédiate du matériau à usiner en amont de la buse et d'au moins un second capteur situé sur la buse, les variations
35 de comportement du jet de fluide haute pression induites au cours de l'usinage ; on

compare en temps réel les variations de comportement du jet de fluide haute pression à un comportement de référence défini en tenant compte des informations préalablement enregistrées en mémoire, et on asservit en permanence au moins l'un des paramètres définissant la puissance du jet de fluide haute pression sur le matériau à usiner en fonction du résultat de la comparaison des variations de comportement du jet de fluide haute pression et du comportement de référence.

Le paramètre choisi pour être asservi en fonction du résultat de la comparaison afin de réguler la puissance du jet de fluide haute pression sur le matériau à usiner peut être la pression du jet de fluide haute pression, la vitesse du déplacement relatif entre le support de buse et le matériau à usiner, la position en hauteur ou l'inclinaison de la buse, ou encore la quantité de produits abrasifs introduite dans le jet de fluide haute pression.

Avantageusement, on surveille en outre pendant toute l'opération d'usinage, à l'aide d'un troisième capteur situé à proximité immédiate du matériau à usiner en aval de la buse, les variations de comportement du jet de fluide haute pression induites au cours de l'usinage et on tient compte des signaux délivrés par ledit troisième capteur lors de l'asservissement d'au moins l'un des paramètres définissant la puissance du jet de fluide haute pression sur le matériau à usiner.

Les capteurs de surveillance sont des capteurs de contrôle non destructif qui peuvent être des capteurs sans contact avec le matériau à usiner, tels que des capteurs de type acoustique, optique, capacitif, magnétique ou inductif. Les capteurs de type acoustique sont particulièrement bien adaptés à la surveillance des conditions d'usinage.

Les capteurs de surveillance peuvent encore comprendre au moins un capteur de force ou de déplacement de la buse ou encore un capteur de pression ou de débit du fluide haute pression.

Le procédé d'usinage selon l'invention peut notamment être appliqué au découpage ou au perçage d'un matériau. Dans ce cas, la puissance du jet de fluide haute pression est asservie en permanence en fonction de l'épaisseur du matériau de manière à maintenir un découpage ou un perçage débouchant à travers le matériau tout en évitant que le jet de fluide soit projeté au delà du matériau à découper ou percer.

Le procédé d'usinage selon l'invention peut encore être appliqué au forage à travers un milieu prédéfini.

Dans ce cas, la puissance du jet de fluide haute pression est réduite ou

ramenée à une valeur nulle lorsque l'on détecte une résistance à la pénétration qui dépasse un seuil prédéterminé.

Le procédé d'usinage selon l'invention peut encore être appliqué au polissage ou à l'usinage de précision d'un matériau. Dans ce cas, la puissance du jet
5 de fluide haute pression est asservie en permanence en fonction de l'épaisseur du matériau de manière à maintenir une épaisseur de matière prédéterminée.

L'invention concerne encore un dispositif d'usinage à jet de fluide haute pression, comprenant une buse mobile montée sur un support disposé au voisinage d'un matériau à usiner, et des moyens d'application d'un jet de fluide haute pression
10 à travers la buse, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur de surveillance situé sur la buse et au moins un capteur de surveillance situé sur le support de la buse à proximité immédiate de celle-ci, pour la surveillance des variations de comportement du jet de fluide haute pression induites au cours de l'usinage ; une mémoire pour le stockage d'informations de référence concernant le
15 jet de fluide haute pression, des moyens de traitement du signal pour effectuer des comparaisons entre les signaux délivrés par les capteurs de surveillance et les informations de référence stockées en mémoire, et des moyens de commande et régulation pour asservir en permanence la puissance finale du jet de fluide haute pression en fonction du résultat des comparaisons effectuées par les moyens de
20 traitement du signal.

Les capteurs de surveillance comportent avantageusement au moins un capteur de type acoustique.

Dans le cas notamment d'une application au forage à travers un milieu prédéfini, le dispositif d'usinage peut comprendre un capteur de pression ou
25 contrainte incorporé dans la buse, un capteur de déplacement incorporé dans le support de la buse, qui s'ajoutent à la mise en oeuvre préférentielle d'un capteur acoustique placé sur la buse.

Dans le cas d'une application au découpage ou au perçage à travers un matériau prédéfini, le dispositif d'usinage qui peut comprendre entres autres un
30 dispositif d'alimentation du jet de fluide haute pression en abrasif, est tel que les moyens d'asservissement de la puissance finale du jet de fluide haute pression comprennent des moyens d'asservissement d'au moins l'un des paramètres comprenant la pression du jet de fluide, la vitesse d'avance de la buse, la position en hauteur ou l'inclinaison de la buse, la quantité de produits abrasifs introduits par
35 le dispositif d'alimentation en abrasifs.

Selon un mode particulier de réalisation, dans lequel le dispositif d'usinage comprend des moyens de positionnement en hauteur et d'inclinaison de la buse constitués par au moins deux vérins, au moins l'un des capteurs de surveillance comprend un capteur de force comprenant lui-même des moyens de mesure de pression dans les vérins.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique montrant l'ensemble des éléments constitutifs de base d'un dispositif d'usinage selon l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues schématiques montrant un dispositif d'usinage selon l'invention appliqué au forage dans un milieu prédéfini pouvant contenir des corps étrangers,
- la figure 4 est une vue schématique montrant un exemple de dispositif d'usinage selon l'invention utilisé comme instrument de découpage,
- la figure 5 est une vue schématique d'une variante du dispositif d'usinage de la figure 4,
- Les figures 6A à 6C montrant trois positions possibles d'actionneurs utilisés dans le dispositif d'usinage de la figure 5,
- la figure 7 est un diagramme montrant un exemple de commande d'asservissement d'un dispositif de forage selon l'invention,
- les figures 8A à 8C montrent trois exemples de réglages d'un jet de fluide haute pression lors d'une opération de découpage,
- la figure 9 montre la réaction exercée sur un jet de fluide haute pression en fonction de la nature du matériau à forer ou perforer,
- la figure 10 montre un exemple de profil d'un matériau à découper constitué par deux tronçons de canalisation raccordés à l'aide d'un manchon,
- la figure 11 montre un exemple de profil du signal de sortie d'un capteur de surveillance placé en amont d'une buse de découpe, appliquée à la découpe du matériau de la figure 10, et
- la figure 12 montre un exemple de profil du signal d'asservissement de la vitesse d'avance d'une buse de découpe, appliquée à la découpe du matériau de la figure 10.

La figure 1 montre le schéma de principe du procédé et du dispositif d'usinage à jet de fluide haute pression asservi selon l'invention.

La buse 1 peut comprendre une chambre 3 dans laquelle débouche un canal 2 d'alimentation en fluide sous haute pression, tel que de l'eau. Une pièce 4 disposée dans la chambre 3 et comprenant une trémie tronconique d'entrée et un canal calibré 5 permet l'application d'un jet 6 de fluide sous pression, sur un matériau à usiner 9 placé en regard de la buse 1. La buse 1 peut naturellement présenter d'autres formes de réalisation adaptées au fluide utilisé. La buse 1 peut en outre comprendre un dispositif 7 d'alimentation en abrasif présentant la forme d'un canal débouchant latéralement dans la chambre 3, comme cela est représenté sur les figures 4 et 5.

Conformément à l'invention, au moins un premier capteur tel que le capteur 101 situé en amont de la buse 1 ou le capteur 102 situé en aval de la buse 1 est monté sur le support 10 au voisinage du matériau 9 à usiner et près de la buse 1 mais sans être solidaire de celle-ci. Un autre capteur 103 est monté sur la buse 1 elle-même.

Le capteur 103 monté sur la buse 1 et les capteurs 101, 102 montés sur le support 10 au voisinage de la buse 1 et du matériau à usiner 9 permettent d'analyser le comportement du jet de fluide 6 ou son action sur la matière à usiner 9. Les différents capteurs 101, 102, 103 sont reliés par des lignes 105, 106, 107 à des circuits électroniques 100 de traitement du signal qui sont également conçus pour traiter des informations préalablement stockées dans des mémoires 110 et effectuer des comparaisons entre les informations préalablement enregistrées dans les mémoires 110 et les informations délivrées par les différents capteurs 101, 102, 103. Un circuit électronique de commande 104 exploitant les informations traitées par les circuits 100 permet un réglage de la puissance finale du jet de fluide haute pression 6 en agissant par une ligne 109 sur des organes de commande d'au moins l'un des paramètres déterminant la puissance du jet de fluide haute pression 6 au niveau du matériau à usiner 9.

L'asservissement des possibilités offertes par le jet de fluide, sous la forme d'un réglage de la puissance de ce jet, peut s'effectuer par modification de paramètres tels que la pression du fluide, la vitesse d'avance de la buse, l'orientation ou la position en hauteur de la buse, le débit de fluide, ou encore le cas échéant l'adjonction de produits abrasifs.

Les capteurs permettant d'analyser le comportement sont de type à contrôle non destructif et de préférence sans contact avec le matériau à usiner.

Les capteurs 101, 102, 103 peuvent ainsi être de type acoustique, par

exemple du genre géophone, et peuvent détecter des variations du spectre acoustique du jet de fluide qui dépendent de l'épaisseur du matériau usiné ou de la nature de celui-ci.

Il est toutefois également possible d'utiliser des capteurs 101,102,103 de type piézoélectrique, optique, capacitif, inductif, magnétique ou basé sur l'effet Doppler.

Les capteurs utilisés pour déterminer le comportement du jet de fluide face à la matière à usiner peuvent encore être constitués par des capteurs de pression ou mesurant la réaction du jet de fluide face au matériau à usiner.

Dans tous les cas, les capteurs sont reliés aux circuits électroniques de traitement 100 qui peuvent être combinés aux circuits de commande 104 assurant le pilotage de l'installation d'usinage. Les informations stockées dans les mémoires 110 comprennent notamment des informations de calibrage relatives aux capteurs utilisés et permettant par exemple de repérer des signatures ou spectres de référence du jet de fluide avant usinage.

Naturellement, il est possible d'utiliser simultanément plusieurs capteurs de technologies différentes.

Le capteur 101, qui est placé en amont de la buse et précède le déplacement de celle-ci, permet de détecter avec un léger temps d'avance les variations d'épaisseur du matériau à usiner et permet d'adapter sans retard la puissance du jet de fluide 6 sur le matériau à usiner en cas de détection de variations d'épaisseur.

Le capteur 103 placé sur la buse 1 permet de contrôler le comportement du jet de fluide au plus près de la zone d'usinage et, par comparaison avec les informations enregistrées en mémoire lors des opérations de calibrage, de maintenir un asservissement fin des conditions d'usinage.

Le capteur 102, qui est placé en aval de la buse 1 et suit le déplacement de celle-ci, détecte avec un léger temps de retard les variations d'épaisseur du matériau à usiner et permet de contrôler le bon fonctionnement de l'asservissement. En cas de déplacements en sens inverse, les rôles des capteurs 101 et 102 sont simplement inversés.

Un capteur 101' peut également être placé en contact avec le matériau à usiner, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un fluide ou d'une roulette par exemple, et peut être utilisé notamment lors d'opérations de calibrage.

Sur la figure 1, on a représenté à titre d'exemple un matériau à usiner 9 présentant un tronçon 9a d'épaisseur réduite et un tronçon 9b augmenté d'une

surépaisseur 9c.

On décrira maintenant en référence aux figures 2 à 12 quelques exemples d'application du procédé et du dispositif d'usinage selon l'invention.

5 Les figures 2,3 et 7 concernent une application au forage d'un puits 13 ou d'une galerie à travers un milieu prédéfini, tel que de la terre 11, dans lequel peuvent se trouver des corps étrangers tels que des câbles électriques 12 comprenant par exemple une garniture isolante en matière plastique, ou des canalisations métalliques 15.

10 Comme représenté sur le diagramme de la figure 9, la force de réaction lors de l'application d'un jet de fluide de puissance donnée pénétrant dans un matériau dépend de la nature de ce matériau. Ainsi, la force de pénétration à exercer est moindre pour un sol généralement poreux, par exemple en terre, 21 que pour un objet en matière plastique, 22 et la force de pénétration dans des aciers ou métaux en général 23 est supérieure à la force de pénétration dans une matière plastique. Il
15 est donc possible de définir des seuils à partir desquels l'outil de forage, comprenant notamment la buse 1 s'arrête ou voit sa puissance réduite.

L'asservissement des paramètres de fonctionnement de la buse 1 peut ainsi s'effectuer à partir de la détection des forces de réaction sur le jet de fluide. On notera qu'un capteur par exemple de type acoustique permet bien de détecter des
20 forces de réaction exercées sur un jet de fluide, qui varient en fonction de la nature du matériau dans lequel pénètre le jet.

Le dispositif de forage à jet de fluide haute pression asservi peut prendre en compte l'existence de corps étrangers sur le milieu à forer et, grâce aux capteurs associés à la buse, peut permettre de procéder à un forage en toute sécurité.

25 Dans l'exemple de réalisation de la figure 2, le capteur 113 monté dans la buse 1 peut être avantageusement un capteur de pression ou de contrainte tandis que le capteur 114 monté entre la buse 1 et le support 8 de la buse 1 peut être un capteur de déplacement. Les capteurs 113 et 114 jouent un rôle qui complète celui du capteur 103.

30 Les capteurs 101 et 102 n'ont pas été représentés sur la figure 2 par mesure de simplification, mais peuvent être placés de la même manière en amont et en aval de la buse 1.

On a représenté sur la figure 7 un exemple de diagramme d'évolution, en fonction du temps, de la pression du jet de fluide assurant le forage, telle qu'elle est
35 enregistrée par le capteur d'effort 113. Après une augmentation rapide de la

puissance au début du forage (tronçon A) jusqu'au temps t_1 , un palier pratiquement horizontal (tronçon B) est présent pendant tout le temps du forage à travers un milieu homogène, puis une augmentation de pression (tronçon C) dénote que la buse 1 s'approche d'un corps étranger plus résistant 12. Si au préalable il a été prescrit dans le circuit de commande 100,110,104 (non représenté sur la figure 2) de l'outil de forage de ne pas dépasser un seuil D de force ou pression qui correspondrait à la rencontre d'un obstacle dont l'intégrité doit rester entière, le circuit de commande peut interrompre le jet de fluide, ou restreindre fortement la puissance de celui-ci, au temps t_2 auquel l'information de pression délivrée par le capteur 113 atteint le seuil prédéterminé.

Les figures 4 à 6 concernent l'application de l'invention à une opération de découpe d'un matériau 9.

Si l'on se réfère aux figures 8A, 8B 8C, on voit sur la figure 8A un exemple d'outil 1 à jet de fluide haute pression non asservi dans lequel la puissance du jet a été surdimensionnée pour garantir une découpe totale malgré d'éventuelles variations d'épaisseur du matériau 9. Il y a dans ce cas une puissance inutilement forte. Dans le cas de la figure 8B au contraire, le jet de fluide 6 n'est pas assez puissant et la découpe ne peut être faite de façon complète.

La figure 8C montre l'optimisation réalisée lorsque la puissance du jet de fluide est asservie en permanence grâce à la présence des divers capteurs 101,102,103 permettant de suivre l'évolution du comportement du jet de fluide et de son action sur le matériau à découper.

Sur la figure 4, on a représenté à la fois des capteurs 101,102,103 qui peuvent être semblables aux capteurs de la figure 1 portant les mêmes références, et sont reliés par des lignes 105,106,107 aux circuits électroniques 100 de traitement, et des organes 121 à 125 commandés à partir des circuits de traitement 100 pour agir sur divers paramètres permettant de modifier la puissance ou les caractéristiques du jet de fluide haute pression 6. Des mémoires 110 sont associées aux circuits électroniques de traitement 100 pour stocker des informations, par exemple sous la forme d'abaques, correspondant notamment à des informations de calibrage des capteurs obtenues préalablement au commencement d'une opération de découpage.

Les organes commandés par les circuits de traitement 100 pour asservir la puissance du jet de fluide 6 en fonction des informations délivrées par les capteurs 101,102,103 peuvent comprendre un actionneur 121 agissant sur la position de la

buse 1 par rapport à la matière à découper en provoquant des mouvements de translation verticale de la buse, un actionneur 122 agissant sur la position angulaire de la buse par rapport à la matière à découper et permettant une rotation de la buse autour d'un ou plusieurs axes afin de commander l'inclinaison de celle-ci, un
5 organe de commande 123, tel qu'une vanne, agissant sur le débit d'abrasif introduit par la canalisation 7 dans la chambre 3 de la buse 1, afin d'adapter la force intrinsèque du jet d'eau, un organe de commande 124 ou 124a, tel qu'une vanne ou un clapet, agissant sur le débit du fluide introduit par la conduite 2 d'amenée du fluide dans la chambre 3 de la buse 1, et un organe 125 de commande d'un
10 mouvement de translation de la buse 1 le long du matériau à découper 9, c'est-à-dire de commande du mouvement d'avance de l'ensemble du dispositif de découpage.

La figure 5 correspond à un mode particulier de réalisation d'un dispositif de découpage tel que celui décrit de façon générale en référence à la figure 4. Par
15 mesure de simplification on n'a représenté sur la figure 5 ni les divers capteurs 101 à 103 ni les circuits de traitement 100, ni les organes 125 de commande de l'avance du dispositif.

Sur la figure 5, les actionneurs 121 et 122 sont constitués par un ensemble commun d'au moins deux vérins 122a, 122b interposés entre le corps de la buse 1
20 et le support 8 auquel est rattachée la buse 1.

Les figures 6A à 6C montrent trois positions différentes des vérins 122a et 122b. La figure 6A correspond à un déplacement en hauteur maximal de la buse 1 par rapport au support 8. La figure 6B correspond à l'inverse à un déplacement minimal de la buse 1 par rapport au support 8. La figure 6C correspond à un
25 mouvement de basculement de la buse 1 provoqué par des déplacements différents des tiges de vérin des vérins 122a et 122b.

Les actionneurs 122a, 122b peuvent également servir de capteurs de force disposés entre le support 8 et la buse 1. Dans ce cas, les capteurs de force peuvent simplement comprendre des moyens de mesure de la pression d'huile dans les
30 vérins si ceux-ci sont de type hydraulique.

Diverses modifications ou variantes peuvent être apportées à l'invention.

Ainsi, le jet de fluide haute pression peut servir à réaliser des opérations de forage, usinage, découpage, perçage, mais aussi de nettoyage, décapage ou polissage, notamment de structures enterrées ou submergées, la présence de
35 capteurs et des circuits d'asservissement permettant de contrôler en permanence la

position de l'outil à jet de fluide par rapport au milieu environnant, et d'agir sur une épaisseur donnée limitée d'une structure à décaper.

Le fluide de travail est avantageusement de l'eau mélangée ou non avec des particules d'abrasif.

5 La pression du jet d'eau peut être comprise par exemple entre environ 500 et 4000 bar, le diamètre du jet d'eau en sortie étant de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre.

On a représenté sur la figure 10, à titre d'exemple, la coupe d'une canalisation 9 devant être découpée par un procédé de découpe à jet d'eau haute
10 pression conformément à la présente invention.

La canalisation 9 comprend des premier et deuxième tronçons 9a, 9b d'épaisseur e_1 et e_2 respectivement assemblés par un manchon 9c présentant une surépaisseur e_3 .

La figure 11 montre la courbe du signal U qui serait délivré par un capteur,
15 par exemple de type acoustique, tel que le capteur 101, avant tout asservissement. L'amplitude du signal U est alors fonction de l'épaisseur de la paroi de la canalisation 9.

On voit ainsi pour l'amplitude du signal de la figure 11 un premier pic 31 qui correspond à un décrochement 91 entre deux sections de diamètre différent du
20 tronçon de tube 9b, un creux correspondant à la simple épaisseur e_2 du tronçon de tube 9b, un pic 32 correspondant à une extrémité 92 du manchon 9c introduisant une surépaisseur e_3 , une pointe 33 vers le bas correspondant à un amincissement 93 du manchon 9c, un plateau haut correspondant à la somme des épaisseurs e_2 et e_3 , une petite pointe vers le bas 34 au niveau d'une interruption 94 entre les
25 tronçons 9a et 9b, puis une poursuite du plateau haut correspondant à la somme des épaisseurs e_1 et e_3 , à nouveau une pointe vers le bas ou crevasse 35 correspondant à un amincissement 95 du manchon 9c, un nouveau pic 36 correspondant à la deuxième extrémité 96 du manchon 9c, puis une partie basse correspondant à la seule épaisseur e_1 , du tronçon 9a.

30 Le signal U représentatif des variations d'épaisseur des pièces à découper peut servir à asservir en temps réel la puissance du jet d'eau, en tenant compte des informations pré-enregistrées donnant la correspondance entre la puissance à appliquer pour le jet d'eau et l'épaisseur de la pièce à découper compte tenu de la nature du matériau.

35 Le paramètre asservi peut être par exemple la vitesse d'avance V de la buse

1 par rapport à la canalisation 9. Dans ce cas, comme on peut le voir sur la figure 12, la vitesse V sera asservie, au cours du déplacement L des tronçons de canalisation 9 à découper, de telle manière que l'amplitude de la vitesse d'avance V suive une courbe complémentaire de la courbe U fournie par le capteur 101. La
5 courbe de la figure 12 montre ainsi des pics 43, 44, 45 et des crevasses 41, 42, 46 pour les déplacements pour lesquels la figure 11 montre des crevasses 33, 34, 35 et des pics 31, 32, 36 respectivement.

On donnera, à titre d'exemple, des conditions de découpe d'une canalisation métallique 9 enterrée (en fonte) du genre de celle illustrée sur la figure 10, à l'aide
10 d'un jet d'eau sous haute pression asservi conformément à l'invention.

Des capteurs 101, 102, 103, 101' du type acoustique, adaptés en fréquence, ont été disposés sur le bâti permettant de déplacer la buse 1, en amont et en aval de celle-ci, ainsi que sur la buse 1, et à titre de vérification complémentaire sur la canalisation 9 elle-même.

15 Dans cet exemple, les épaisseurs e_1 et e_2 des tronçons de canalisation 9a, 9b présentent une valeur de 9 mm tandis que la pièce de raccordement 9c présente elle-même une épaisseur comprise entre 15 et 60mm selon les sections.

La puissance du jet d'eau sous haute pression est déterminée au départ pour ne découper qu'une épaisseur de tube normale de 9mm. Les signaux U émis par les
20 capteurs étant affectés par les variations d'épaisseur dues à la présence du manchon de raccordement (figure 11), la puissance du jet d'eau sous haute pression au niveau de la découpe est asservie en fonction de ces signaux U de manière à produire une découpe de toute l'épaisseur de la canalisation, y compris la superépaisseur e_3 due au manchon de raccordement.

25 Pour les conditions dans lesquelles seule est à découper l'épaisseur normale e_1 ou e_2 des tronçons 9a, 9b, les valeurs suivantes se sont avérées satisfaisantes, pour l'exemple considéré :

pression d'eau = 2900 bar
débit d'eau = 4,15 l/mm
30 débit d'abrasif (grenat) = 600 g/mm
diamètre de la buse = 4/10 mm
vitesse du système = 300 mm/mn.

En cas d'utilisation de deux capteurs amont et aval 101, 102, le capteur amont 101 joue un rôle prioritaire pour la commande de l'asservissement.

35 Le capteur aval 102 permet d'effectuer un contrôle final et le cas échéant de commander un deuxième passage du jet d'eau pour terminer l'opération d'usinage.

REVENDECATIONS

1. Procédé d'usinage à jet de fluide haute pression selon lequel on effectue l'usinage d'un matériau donné (9) à l'aide d'un jet de fluide haute pression (6) délivré par une buse (1) montée sur un support (10) disposé au voisinage du matériau (9) à usiner et pouvant présenter un mouvement relatif commandé par rapport à ce matériau à usiner,
- 5 caractérisé en ce que l'on enregistre au préalable dans une mémoire (110) des informations concernant le comportement du jet de fluide haute pression (6) en fonction de la nature et de l'épaisseur du matériau à usiner (9) ; on surveille en permanence pendant toute l'opération d'usinage, à l'aide d'au moins un premier capteur (101) situé à proximité immédiate du matériau à usiner (9) en amont de la buse (1) et d'au moins un second capteur (103) situé sur la buse (1), les variations de comportement du jet de fluide haute pression (6) induites au cours de l'usinage ; on compare en temps réel les variations de comportement du jet de fluide haute pression (6) à un comportement de référence défini en tenant compte des informations préalablement enregistrées en mémoire (110), et on asservit en permanence au moins l'un des paramètres définissant la puissance du jet de fluide haute pression (6) sur le matériau à usiner (9) en fonction du résultat de la comparaison des variations de comportement du jet de fluide haute pression (6) et du comportement de référence.
- 10 2. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on asservit en permanence la pression du jet de fluide haute pression (6) en fonction dudit résultat de la comparaison.
3. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on asservit en permanence la vitesse du déplacement relatif entre le support de buse (10) et le matériau à usiner (9) en fonction dudit résultat de la comparaison.
- 15 4. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on asservit en permanence la position en hauteur ou l'inclinaison de la buse (1) en fonction dudit résultat de la comparaison.
5. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on asservit en permanence la quantité de produits abrasifs introduite dans le jet de fluide haute pression (6) en fonction dudit résultat de la comparaison.
- 20 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on surveille en outre pendant toute l'opération d'usinage, à l'aide d'un troisième capteur (102) situé à proximité immédiate du matériau à usiner (9) en aval de la buse (1), les variations de comportement du jet de fluide haute pression

(6) induites au cours de l'usinage et on tient compte des signaux délivrés par ledit troisième capteur (102) lors de l'asservissement d'au moins l'un des paramètres définissant la puissance du jet de fluide haute pression (6) sur le matériau à usiner (9).

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les capteurs de surveillance (101,102,103) sont des capteurs de contrôle non destructifs tels que des capteurs de type acoustique, optique, capacitif, magnétique ou inductif.

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les capteurs de surveillance (101,102,103) comprennent au moins un capteur de type acoustique.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'on dispose en outre un capteur du type capteur de pression ou de contrainte (113) sur la buse (1).

15 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'on dispose en outre un capteur de déplacement (114) sur le support (8) de la buse (1).

20 11. Procédé d'usinage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il est appliqué au découpage ou au perçage d'un matériau (9) et en ce que la puissance du jet de fluide haute pression (6) est asservie en permanence en fonction de l'épaisseur du matériau de manière à maintenir un découpage ou un perçage débouchant à travers le matériau (9) tout en évitant que le jet de fluide (6) soit projeté au delà du matériau (9) à découper ou percer.

25 12. Procédé d'usinage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il est appliqué au forage à travers un milieu prédéfini (11) et en ce que la puissance du jet de fluide haute pression (6) est réduite ou ramenée à une valeur nulle lorsque l'on détecte une résistance à la pénétration qui dépasse un seuil prédéterminé.

30 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il est appliqué au polissage d'un matériau (9) et en ce que la puissance du jet de fluide haute pression (6) est asservie en permanence en fonction de l'épaisseur du matériau (9) de manière à maintenir une épaisseur de matière minimum prédéterminée.

35 14. Dispositif d'usinage à jet de fluide haute pression, comprenant une buse (1) mobile montée sur un support (10) disposé au voisinage d'un matériau à usiner (9), et des moyens (2 à 5) d'application d'un jet (6) de fluide haute pression à

travers la buse (1),

caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur (103) de surveillance situé sur la buse (1) et au moins un capteur (101 ou 102) de surveillance situé sur le support (10) de la buse (1) à proximité immédiate de celle-ci, pour la surveillance des variations de comportement du jet de fluide haute pression induites au cours de l'usinage ; une mémoire (110) pour le stockage d'informations de référence concernant le jet de fluide haute pression, des moyens (100) de traitement du signal pour effectuer des comparaisons entre les signaux délivrés par les capteurs de surveillance (101, 102, 103) et les informations de référence stockées en mémoire (110), et des moyens de commande et régulation (104) pour asservir en permanence la puissance finale du jet de fluide haute pression (6) en fonction du résultat des comparaisons effectuée par les moyens de traitement du signal (100).

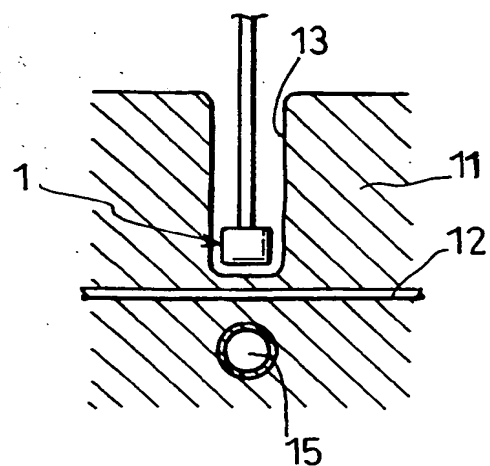
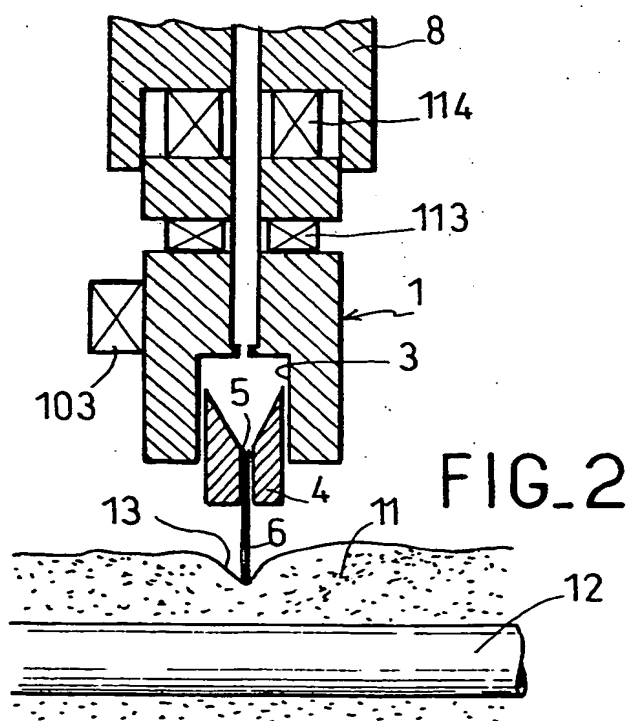
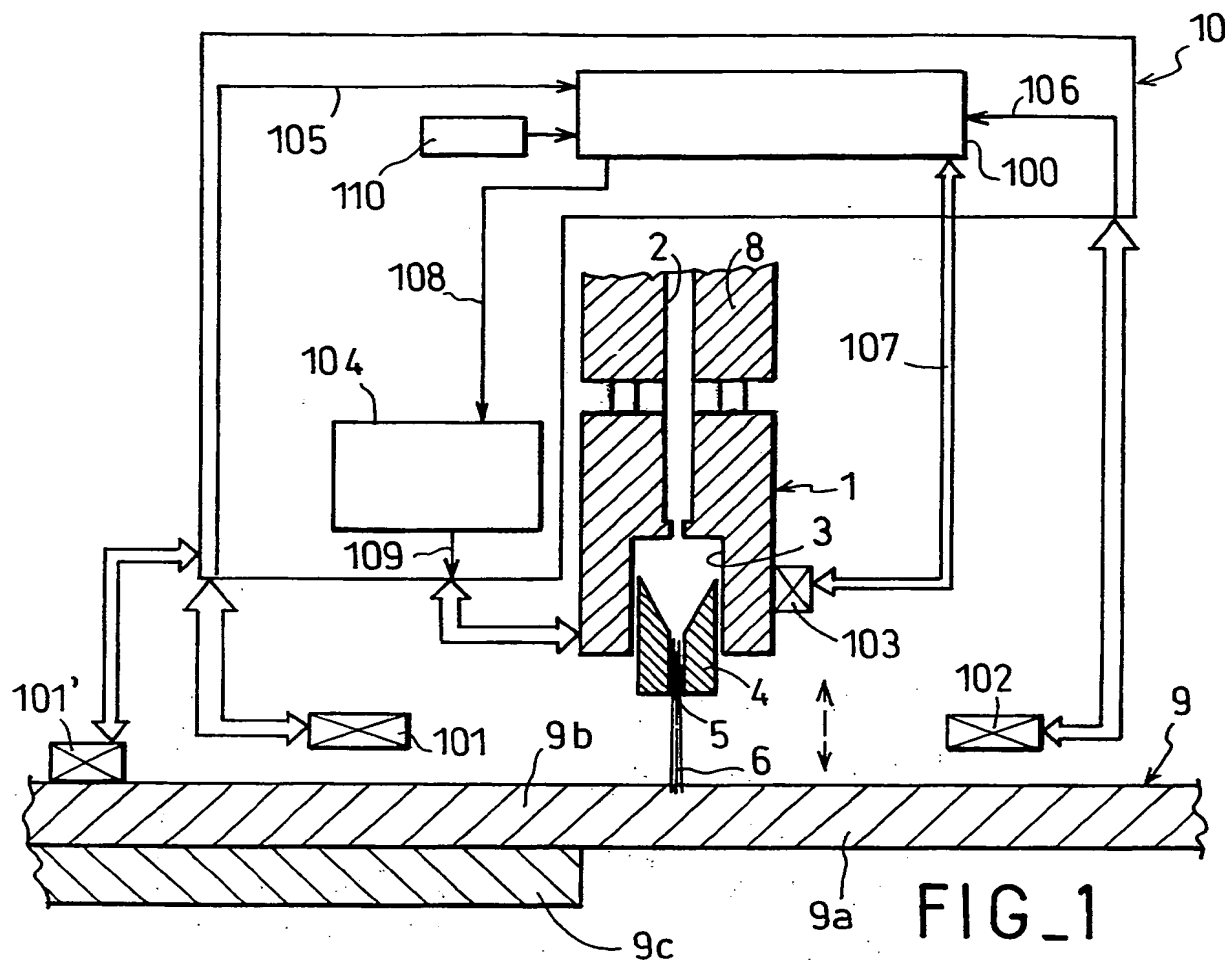
15. Dispositif d'usinage selon la revendication 14, caractérisé en ce que les capteurs de surveillance (101, 102, 103) sont de type acoustique.

16. Dispositif d'usinage selon la revendication 14 ou la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un capteur de pression ou contrainte (113) incorporé dans la buse (1).

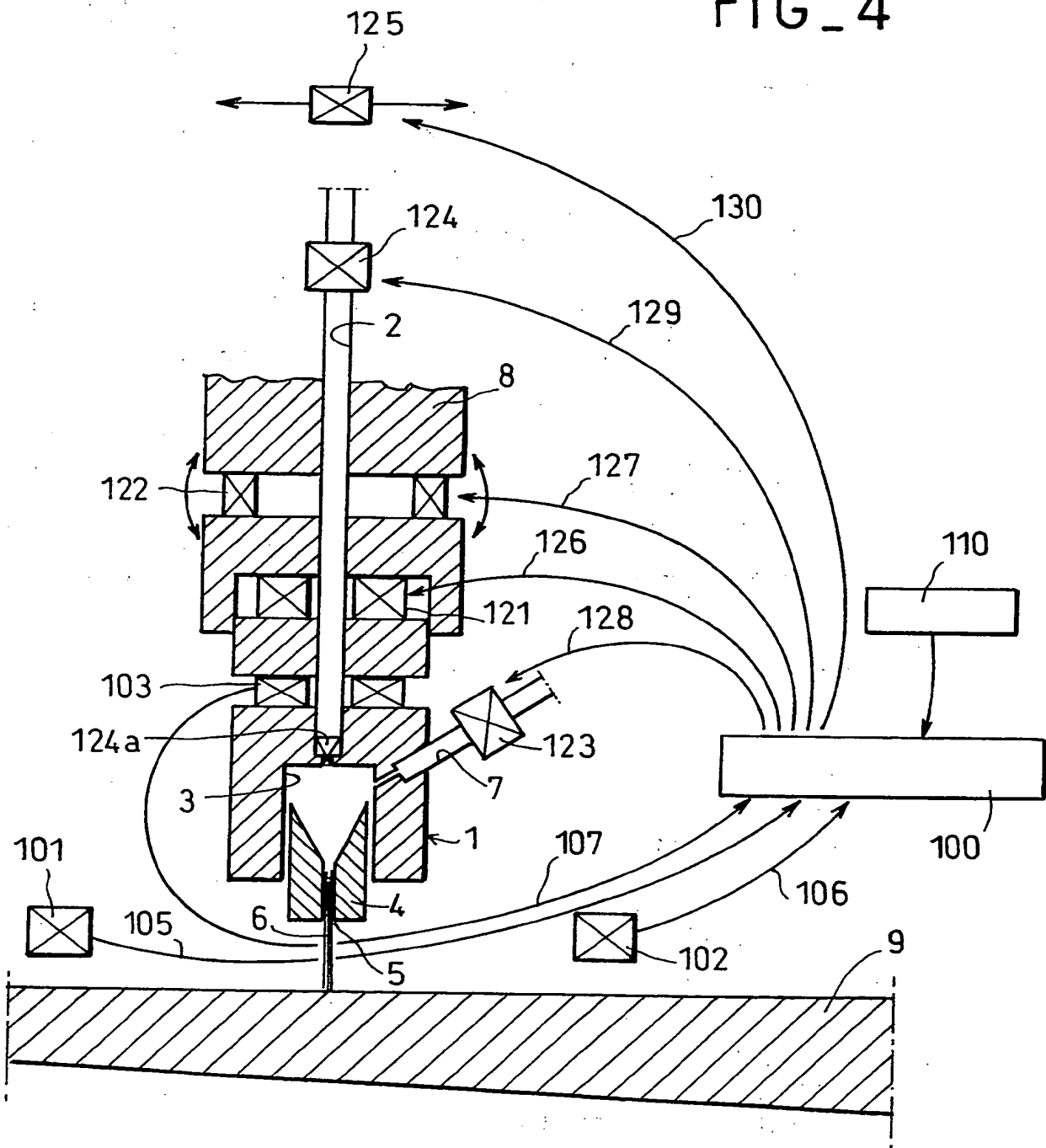
17. Dispositif d'usinage selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un capteur de déplacement (114) incorporé dans le support (8) de la buse (1).

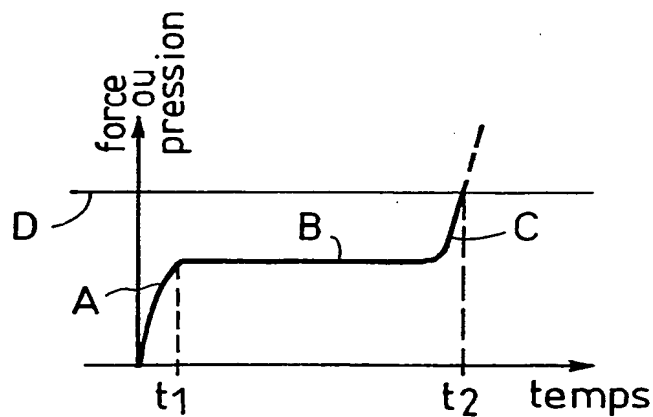
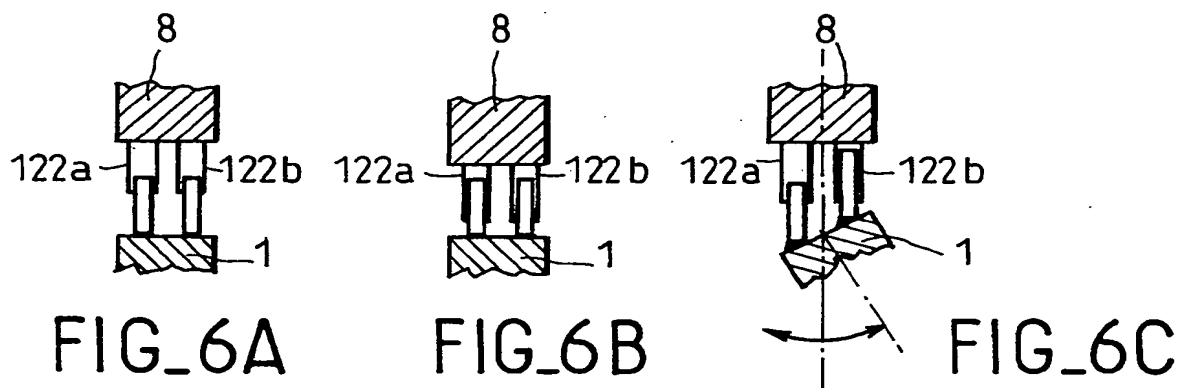
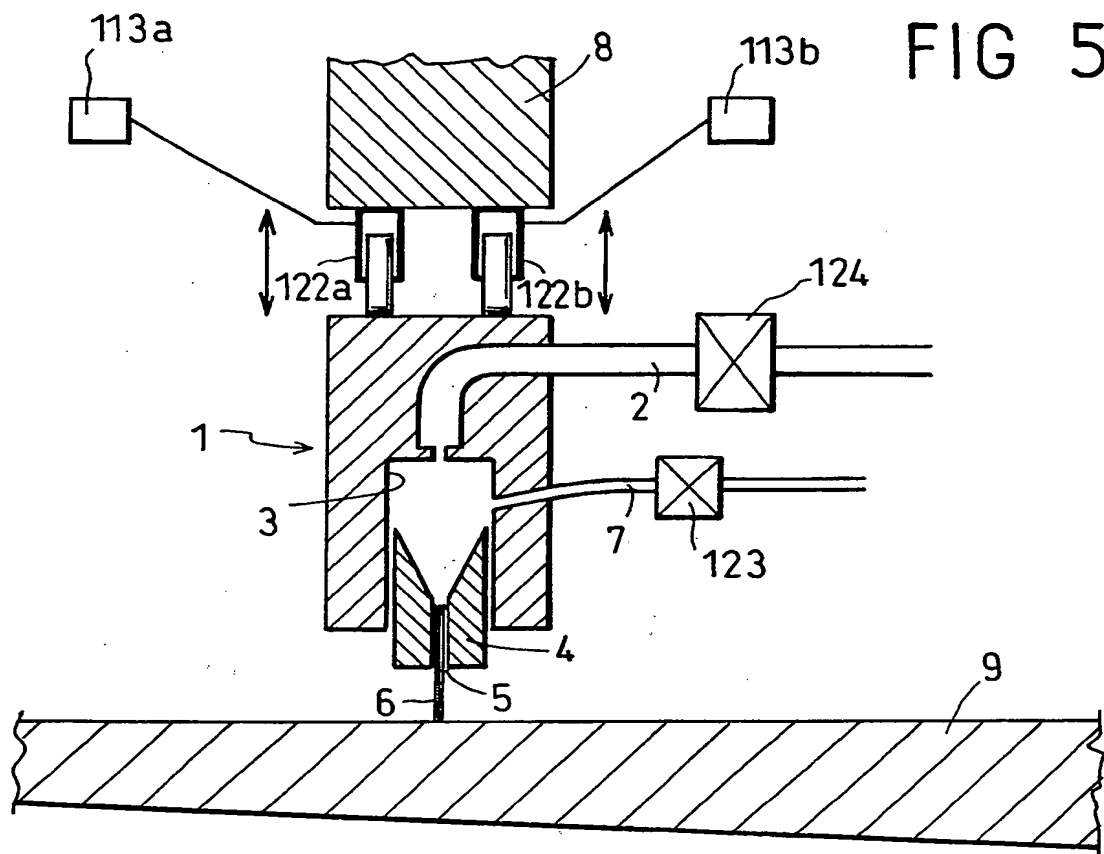
18. Dispositif d'usinage selon la revendication 14 ou la revendication 15, appliqué notamment au découpage ou au perçage à travers un matériau prédéfini (9), et comprenant un dispositif (7) d'alimentation du jet de fluide haute pression (6) en abrasif, caractérisé en ce que les moyens d'asservissement de la puissance finale du jet de fluide haute pression (6) comprennent des moyens (121 à 125) d'asservissement d'au moins l'un des paramètres comprenant la pression du jet de fluide (6), la vitesse d'avance de la buse (1), la position en hauteur ou l'inclinaison de la buse (1), la quantité de produits abrasifs introduits par le dispositif (7) d'alimentation en abrasifs

19. Dispositif d'usinage selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de positionnement en hauteur et d'inclinaison de la buse (1) constitués par au moins deux vérins (122a,122b) et en ce qu'au moins l'une des capteurs de surveillance comprend un capteur de force comprenant lui-même des moyens (113a,113b) de mesure de pression dans les vérins (122a,122b).



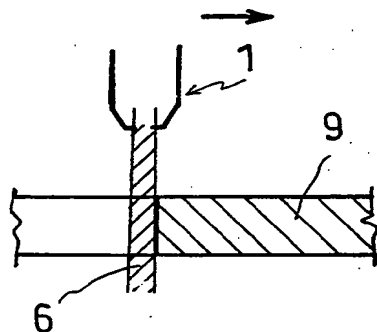
FIG_4



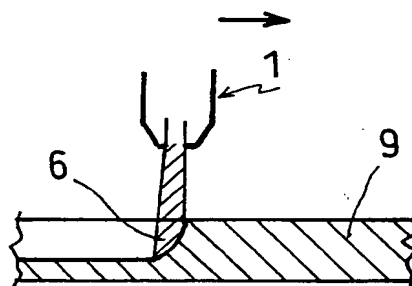


FIG_7

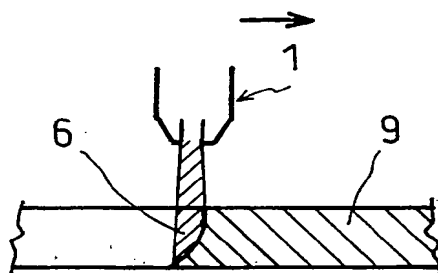
4/5



FIG_8A

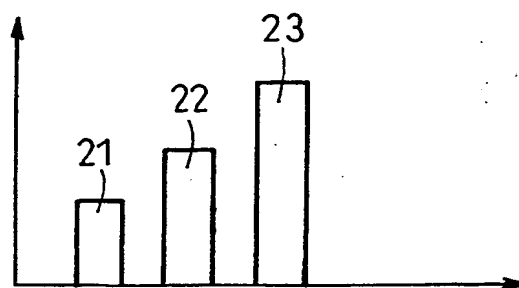


FIG_8B



FIG_8C

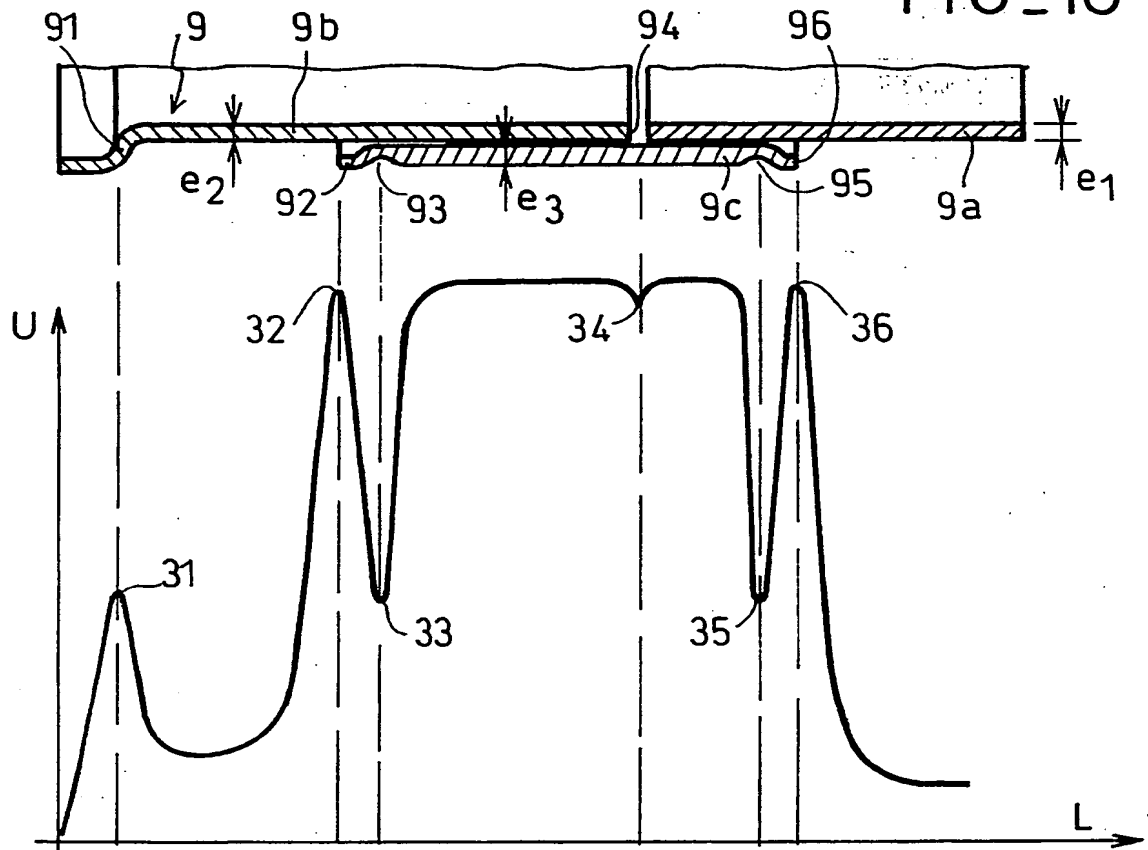
réaction du jet
de fluide.



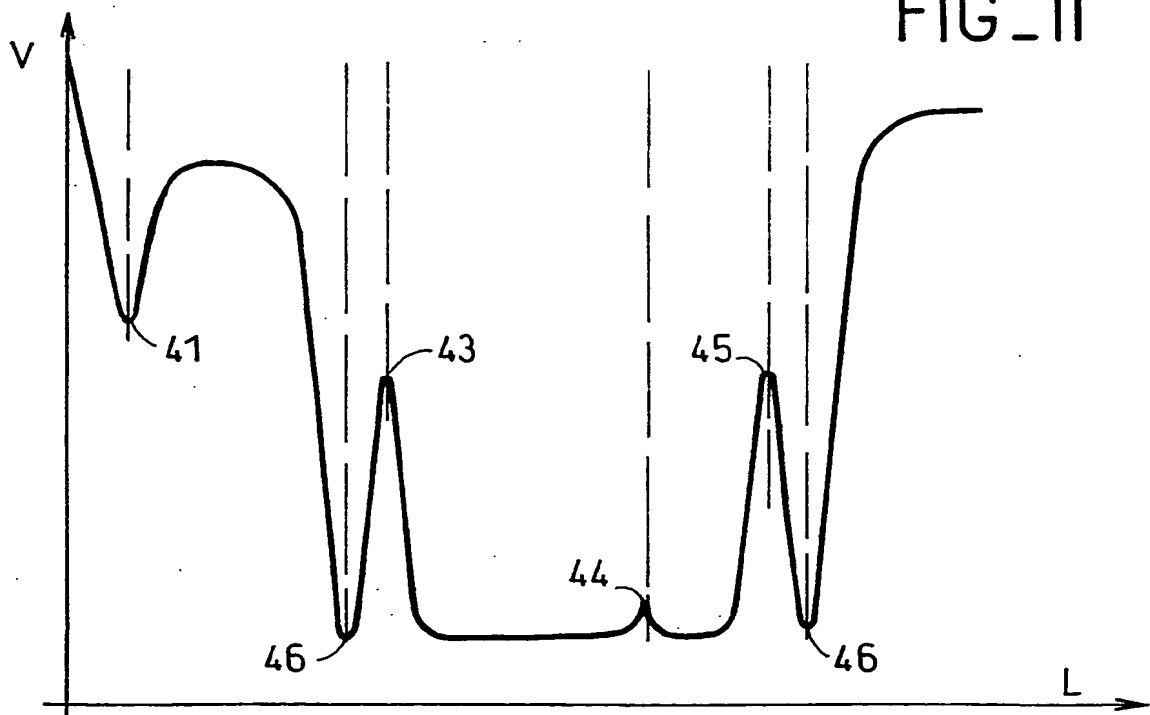
nature du matériau

FIG_9

FIG_10



FIG_11



FIG_12

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2699852

N° d'enregistrement
national

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendicati ns
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9215861
FA 480294

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP-A-0 159 977 (WINDISCH) * revendication 1; figure 1 *	1, 14
A	US-A-4 848 123 (THOMPSON) -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) B26F B26D B24C C03B E21B
Date d'achèvement de la recherche 08 SEPTEMBRE 1993		Examineur BERGHMANS H.F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)

THIS PAGE BLANK (USPTO)